

ارائه یک رابطه تجربی جدید برای نسبت تعادل مایع - گاز برای هیدروکربن های سبک با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مجتبی امیری*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
احسان کمری*، پژوهشگاه صنعت نفت

محمدعلی احمدی • پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز

چکیده

نسبت های تعادل^۱ نقش اساسی در فهم رفتار فازی مخلوط های هیدروکربنی بازی می کند. همچنین در پیش بینی تغییرات ترکیب تحت تغییرات دما و فشار در مخازن، جداسازهای سطحی، تأسیسات تولید و حمل و نقل مهم و به ویژه، برای شبیه سازی مخازن ترکیبی قابل اعتماد و موفق بسیار مهم هستند. روابط تجربی ارائه شده تا به امروز، براساس نمونه های نفتی سایر کشورهاست که برخی پارامترها، مانند سنگینی نفت و نسبت گاز به نفت در آن ها مورد توجه قرار نگرفته است. در این تحقیق سعی شده است با محوریت نسبت های تعادلی مواد هیدروکربنی در نفت های ایران، به ازای مجموعه وسیعی از نفت های ایران در بازه فشار ۱۴/۷ تا ۶۰۰۰ پام و دمای ۷۰ تا ۳۰۰ درجه فارنهایت، یک رابطه تجربی ارائه شود. با استفاده از موازنه جرم آب بر روی مراحل مختلف آزمایش آزادسازی تفاضلی^۲ (DL) برای چندین نمونه از مخازن نفتی ایران مقادیر نسبت های تعادلی به صورت آزمایشگاهی برای این مخازن به دست آمد. سپس، با استفاده از داده های آزمایشگاهی نسبت تعادل و الگوریتم ژنتیک، یک رابطه تجربی بین نسبت تعادل و پارامترهای وابسته حاصل گردید. در پایان، عملکرد رابطه تجربی به دست آمده از الگوریتم ژنتیک با روابط تجربی رایج شده قبلی مقایسه شد.

اطلاعات مقاله

* دریافت:

۹۴/۵/۳

* پذیرش:

۹۴/۹/۱۴

* ارسال برای چاپ:

۹۴/۱۰/۲۵

واژگان کلیدی

نسبت تعادل
الگوریتم ژنتیک
آزادسازی تفاضلی
موازنه جرم
رابطه تجربی

مقدمه

و سپس، با استفاده از الگوریتم ژنتیک رابطه ای که کمترین درصد خطا را دارد، ارائه گردید. در پایان، نتیجه این محاسبات با مدل ویلسون، مدل استندینگ، مدل ویتسون و تورپ، مدل آلمهایدب و مدل مک ویلیام مقایسه شد. نکته مهم در انجام تحقیق استفاده از نمونه های نفت تهیه شده از مخازن ایران است که سبب می شود نتایج مطالعه کاربردی تر باشد.

برای تعیین تعادل ترمودینامیکی مواد هیدروکربنی در تعادل نفت و گاز سه روش نمودارهای تجربی، روابط تجربی و معادلات حالت استفاده شده است. روش نمودار و روابط تجربی، ساده، سریع و حدس مناسبی برای مقدار نسبت های تعادل است. از سوی دیگر، برای استفاده از معادلات حالت نیز نیاز به حدس اولیه ای است که بر اساس روابط تجربی تعیین می شود.

با وجود توسعه مدل های نظری در حوزه تعادل فازی، روابط تجربی هنوز هم به عنوان گزینه مناسب در محاسبات تعادل مایع-بخار استفاده می شوند. این روابط بیشتر در فشارهای کم تا متوسط از دقت مناسب برخوردارند و در اکثر آن ها مقدار نسبت تعادل مایع و گاز (K-value) مستقل از سایر ترکیب های نفت خام در نظر گرفته می شود. جست و جو در منابع نشان می دهد که تعداد کمی از نویسندگان برای به دست آوردن یک رابطه کلی برای نسبت تعادل

یک فاز، به عنوان بخشی از یک سیستم که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکنواخت و ترکیب همگن است، تعریف می شود که توسط مرزهای معین از فازهای دیگر مجزا شده است. در تولید از چاه های نفت و گاز، مهم ترین فازهای تولیدی شامل هیدروکربن های مایع (نفت) و هیدروکربن های گازی (گاز) می باشند. علاوه بر این، معمولاً در چاه های تولیدی، آب نیز به عنوان یک فاز مایع اضافی حضور دارد. پارامترهای موثر در تعادل فازها شامل دما، فشار سیستم و ترکیب شیمیایی این فازها هستند.

در یک سیستم چند جزئی، نسبت تعادل (K_i) یک جزء معین، به صورت نسبت کسر مولی آن جزء در فاز گاز (y_i) به کسر مولی آن جزء در فاز مایع (x_i) تعریف می شود [۱]:

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} \quad (1)$$

رابطه ای بالا نشان می دهد که برای محلول های ایده آل، بدون توجه به ترکیب مخلوط هیدروکربنی، نسبت های تعادل فقط تابعی از فشار و دمای سیستم است. اما برای یک محلول واقعی، نسبت های تعادل تابعی از فشار، دما و ترکیب مخلوط هیدروکربنی می باشد.

در این مطالعه با استفاده از کار آزمایشگاهی دقیق، ابتدا مجموعه مناسبی از داده های نسبت تعادل برای هیدروکربن های C_1 تا C_6 تهیه



$$K_i = \left(\frac{P_{ci}}{P}\right)^{4-1} \left(\frac{P_{ci}}{P}\right) \exp\left[5.37(1+\omega_i)\left(1-\frac{T_{ci}}{T}\right)\right] \quad (8)$$

$$A = 1 - \left[\frac{P - Pa}{Pk - Pa}\right]^{0.6} \quad (9)$$

در رابطه اخیر اثر سایر اجزا بر نسبت ثابت تعادل، با استفاده از مقدار فشار همگرایی، P_k (psia) اعمال می‌شود. مطالعات اخیر تعادل فازی در فشارهای بالا نشان می‌دهد که هنگامی که فشار یک مخلوط هیدروکربنی با ترکیب کلی ثابت در دمای ثابت افزایش می‌یابد، در یک فشار معین، نسبت‌های تعادل اجزاء به سمت عدد مشترک برابر با واحد، همگرا می‌شوند. این فشار، فشار همگرایی (P_k) مخلوط هیدروکربنی نامیده می‌شود. روش‌های مختلفی برای تعیین فشار همگرایی وجود دارد؛ استندینگ در سال ۱۹۷۷ پیشنهاد نمود که فشار همگرایی را تا حدودی می‌توان به وزن مولکولی برش هپتان و سنگین تر (C_{7+})، به‌طور خطی ربط داد. ویستون و تورپ در سال ۱۹۸۱ این رابطه را با معادله زیر بیان کردند [۶]:

$$P_k = 60 MW_{c7+} - 4200 \quad (10)$$

دیپریستر برای تخمین نسبت تعادل برای هیدروکربن‌های سبک، نمودارهایی برای محدوده‌های مختلف دما و فشار ارائه داد [۷]. مک ویلیام با استفاده از داده‌های این نمودارها، معادله زیر را ارائه نمود [۸]:

$$\ln K = \frac{a_{T1}}{T^2} + \frac{a_{T2}}{T} + a_{T3} + a_{P1} \ln P + \frac{a_{P2}}{P^2} + \frac{a_{P3}}{P} \quad (11)$$

در رابطه بالا فشار P ، بر حسب psia و دما T ، بر حسب $^{\circ}R$ می‌باشد. a_{P3} ، a_{P2} ، a_{P1} ، a_{T3} ، a_{T2} ، a_{T1} ثابت‌های معادله هستند. این رابطه در محدوده دمایی $^{\circ}R$ ۳۶۵/۷ تا $^{\circ}R$ ۸۵۱/۷ و محدوده فشاری psia ۱۴/۶۹ تا psia ۸۷/۰۷ معتبر می‌باشد.

آلمه‌ایدب و همکاران در سال ۲۰۰۳ برای نفت‌های امارات متحده عربی در فشار بالا یک رابطه تجربی ارائه دادند [۹] و [۱۰]. این رابطه از تصحیح رابطه مک ویلیام با یک ترم اضافی که فقط تابعی از ضریب بی مرکزی برای کسر هپتان و سنگین تر است و همچنین تنظیم برای اثر ترکیب مشابه رابطه ویستون و تورپ در نظر گرفته شد.

$$K_i = \left(\frac{P_{ci}}{P}\right)^{4-1} \left(\frac{P_{ci}}{P}\right) \exp(A \times K_i^*) \quad (12)$$

$$K_i^* = \frac{a_{T1}}{T^2} + \frac{a_{T2}}{T} + a_{T3} + a_{P1} \ln(P) + \frac{a_{P2}}{P^2} + \frac{a_{P3}}{P} + \frac{a_{\omega}}{\omega} \quad (13)$$

همانطور که مشاهده می‌شود روابط ارائه شده برای نسبت تعادل دارای دو ضعف عمده هستند؛ این روابط تنها در بازه‌های فشار کم تا متوسط پاسخگو می‌باشند و همچنین، اثر سایر اجزا را بر نسبت‌های تعادلی نادیده می‌گیرند.

از داده‌های تجربی به‌ویژه در سیستم‌های فشار بالا تلاش کرده‌اند. در این مقاله بر روی پنج رابطه تجربی که به‌طور گسترده در محاسبات نسبت تعادل در فشار بالا استفاده شده‌اند، تمرکز خواهد شد.

ویلسون در سال ۱۹۶۸ فرمول ترمودینامیکی ساده شده‌ای را برای محاسبه مقدار K پیشنهاد کرد که در اکثر شبیه‌سازهای تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمول پیشنهاد شده به شرح زیر است [۲]:

$$K_i = \left(\frac{P_{ci}}{P}\right) \exp\left[5.37(1+\omega_i)\left(1-\frac{T_{ci}}{T}\right)\right] \quad (2)$$

که در آن، P_{ci} فشار بحرانی جزء i بر حسب (psia)، دمای بحرانی جزء i بر حسب ($^{\circ}R$)، ω_i و ضریب بی مرکزی جزء i است. نسبت‌های تعادل محاسبه شده با روش فوق در فشارهای پایین، دقیق‌تر هستند.

در این زمینه استندینگ در سال ۱۹۷۹ مقادیر نسبت تعادل تجربی نمونه‌های نفت خام / گاز طبیعی گرفته شده در شهر اوکلاهاما که توسط کتز و هچموث ارائه شده است را به شکل رابطه زیر ارائه کرد [۳]:

$$\log(K_i P) = a + c F_i \quad (3)$$

$$\left[\left(\frac{1}{T_b} - \frac{1}{T}\right)\right] F_i = b_i \quad (4)$$

$$b_i = \frac{\log\left(\frac{P_{ci}}{14.7}\right)}{\left[\left(\frac{1}{T_b} - \frac{1}{T}\right)\right]} \quad (5)$$

$$a = 1.2 + 0.00045 P + 15 \times 10^{-8} P^2 \quad (6)$$

$$c = 0.89 - 0.00017 P - 3.5 \times 10^{-8} P^2 \quad (7)$$

در رابطه بالا فشار P بر حسب psi و دمای جوش طبیعی، T_b ، بر حسب $^{\circ}R$ محاسبه می‌شود. همچنین a و c به ترتیب عرض از مبدأ و شیب خط هستند. در رابطه استندینگ مقدار ثابت تعادل، مستقل از مخلوط فرض شده است لذا در فشارهای زیر ۱۰۰۰ psi از دقت کافی برخوردار است.

رابطه ویلسون اساساً برای فشارهای زیر فشار بحرانی ارائه شده است که در ناحیه بالای فشار بحرانی مواد، مقدار ثابت تعادل را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. برای تصحیح این نقص بعدها ویستون و تورپ در سال ۱۹۸۱ معادله ویلسون را برای دست‌یابی به نتایج دقیق در فشارهای بالاتر، تغییر و به‌صورت رابطه زیر ارائه دادند [۴] و [۵]:

۱- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. این الگوریتم‌ها اغلب گزینه خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای رگرسیون هستند.

الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های جست‌وجوی تصادفی است که ایده‌ی آن برگرفته از طبیعت می‌باشد. الگوریتم ژنتیک بر روی فرزندان یک نسل (جواب‌های مسأله در یک مرحله)، از قوانین موجود در علم ژنتیک تقلید کرده و با به کار بردن آن‌ها، به تولید فرزندان با خصوصیات بهتر (جواب‌های نزدیک‌تر به هدف مسأله) می‌پردازد. در هر نسل به کمک فرایند انتخابی متناسب با ارزش جواب‌ها و تولیدمثل فرزندان (جواب‌های) انتخاب شده، تقریب‌های بهتری از جواب نهایی به دست می‌آید. این فرایند باعث می‌شود که نسل‌های جدید با شرایط مسأله سازگارتر باشند. این رقابت میان ژن‌ها و پیروز شدن ژن‌های غالب (جواب‌های نزدیک به هدف مسأله) و کنار رفتن ژن‌های مغلوب (جواب‌های دور از هدف مسأله) روش کارآمدی برای حل مسأله پیچیده و دشوار است [۱۱].

- ج) جمع‌آوری اولین جمعیت
- د) معرفی عملگرهای انتخاب
- ه) معرفی عملگرهای تولیدمثل

در الگوریتم‌های ژنتیک ابتدا به‌طور تصادفی یا الگوریتمیک، چندین جواب برای مسأله تولید می‌کنند. این مجموعه جواب را جمعیت اولیه و هر جواب را یک کروموزوم می‌نامند. سپس با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک پس از انتخاب کروموزوم‌های بهتر، کروموزوم‌ها را با هم ترکیب کرده و جهشی در آنها ایجاد می‌کنند. در نهایت نیز جمعیت فعلی را با جمعیت جدیدی که از ترکیب و جهش در کروموزوم‌ها حاصل می‌شود، ترکیب می‌نمایند. بدین ترتیب می‌توان دید که طبیعت با بهره‌گیری از یک روش بسیار ساده (حذف تدریجی گونه‌های نامناسب و در عین حال تکثیر بالاتر گونه‌های بهینه)، توانسته است دائماً هر نسل را از لحاظ خصوصیات مختلف ارتقاء بخشد. مشابه این روش در حل یک مسأله و یافتن جواب‌های آن، در این الگوریتم استفاده می‌شود. این قابلیت به‌صورت یک ابزار محاسبه در نرم‌افزار برنامه‌نویسی متلب گنجانده شده است.

۲- روش تحقیق

۳-۱- نحوه جمع‌آوری داده‌ها

مجموعه داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل ۵۷۶ نقطه از نفت‌های مختلف ایران می‌باشد. این داده‌ها از انجام تست‌های PVT بر روی نمونه سیال مخزن به دست می‌آید. با استفاده از دستگاه‌های آنالیز، درصد مولی اجزاء برای سیال مخزن و مایع و گاز حاصل از تست آزادسازی تفاضلی (DL) مشخص می‌شود. به‌طور کلی این مجموعه داده، طیف وسیعی از دما، فشار و API را پوشش می‌دهد. این بانک اطلاعاتی جامع، فرصت خوبی برای مطالعه بیشتر در این زمینه ارائه می‌دهد.

مقادیر آزمایشگاهی نسبت تعادل از تست‌های آزادسازی تفاضلی (DL) با استفاده از روش موازنه جرم به دست آمده است. یک مثال از نحوه محاسبه مقادیر نسبت تعادل از تست‌های PVT برای یک نمونه نفت در جدول ۱- نشان داده شده است.

۳-۲- توسعه رابطه جدید با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پس از محاسبه مقادیر نسبت تعادل با استفاده از داده‌های تجربی و رسم نمودارهای Ki بر حسب Pc، Tc و ω یک رابطه جدید برای نسبت تعادل بدست آمد. سپس برای تنظیم ثابت‌های معادله با حداقل خطا، از الگوریتم ژنتیک استفاده گردید. مدل جدید با استفاده از برنامه متلب ایجاد شد.

۳-۲- روند استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک به‌صورت زیر است:

الف) معرفی جواب‌های مسأله به‌عنوان کروموزوم
ب) معرفی تابع شایستگی^۴

۱ | نحوه محاسبه مقادیر نسبت تعادل از داده‌های DL در مرحله فشاری ۳۷۲۲ به ۳۲۵۶ پام و دمای ۲۷۴٫۹ فارنهایت به همراه یک نمونه از داده‌ها

$Data, P_b = 3722(psi), T = 274.9(^{\circ}F), Bo = 1.9539\left(\frac{bbt}{stb}\right), SPGR = 0.6070, Z_{sc} = 1,$

$GOR = 234.7\left(\frac{scf}{stb}\right), T_{sc} = 520(^{\circ}R), R = 1073\left(\frac{psi \times ft^2}{lbmol \times R}\right), l_{stb} = 5.614scf, V_{gas} = GOR \times l_{stb}$

$n_{resoil} = n_{oil} + n_{gas}, n_{resoil} = \frac{l_{stb} \times B_o \times 5.614 \times \rho_o}{MW_{resoil}}, n_{gas} = \frac{V_{gas} \times 14.7}{Z_{sc} \times R \times T_{sc}}, X = \frac{n_{resoil} \times Z_{sc} - GOR \times Y_i}{n_{resoil} - n_{gas}}$

Composition	MW	Z	Y	X	K
C ₁	۱۶٫۰۴	۴۸٫۰۶	۷۵٫۸۶	۴۴٫۴۴	۱٫۷۱
C ₂	۳۰٫۰۷	۹٫۵۶	۹٫۹۴	۹٫۵۱	۱٫۰۵
C ₃	۴۴٫۱۰	۶٫۶۷	۵٫۲۲	۶٫۸۶	۸٫۷۶
iC ₄	۵۸٫۱۲	۱٫۲۹	۰٫۹۲	۱٫۳۳	۰٫۶۹
nC ₄	۵۸٫۱۲	۳٫۲۱	۲٫۲۴	۳٫۳۴	۰٫۶۷
iC ₅	۷۲٫۱۵	۱٫۰۰	۰٫۷۱	۱٫۰۴	۰٫۶۸
nC ₅	۷۲٫۱۵	۱٫۰۳	۰٫۸۷	۱٫۰۵	۰٫۸۲
C ₆	۸۴٫۸۹	۳٫۱۷	۰٫۵۳	۳٫۵۱	۰٫۱۵

۲ | ثابت‌های رابطه جدید پیشنهاد شده برای نفت‌های ایران

هیدروکربن	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆
C _۶ تا C _۱	۰٫۴۲۴	-۱۲٫۷۸۵	۰٫۹۶۲	۰٫۴۷۰	-۲۹٫۱۰۳	۵٫۰۷۲



که a_1 تا a_6 ثابت‌های معادله هستند. جدول ۲ مقایسه a_1 تا a_6 رابطه جدید را که با استفاده از الگوریتم ژنتیک به دست آمده است، نشان می‌دهد.

۴- بحث و بررسی

شش رابطه موجود متشکل از رابطه جدید ارائه شده توسط الگوریتم ژنتیک، رابطه ویلسون، رابطه استندینگ، رابطه آل‌مهایدب، رابطه ویلسون و تورپ و رابطه مک و ویلیام برای پیش‌بینی مقادیر نسبت تعادل نفت خام ایران استفاده شد. سپس به صورت آماری این روابط با رابطه جدید به دست آمده برای پیش‌بینی نسبت تعادل، مقایسه گردید. رابطه جدید توسعه یافته برای نفت‌های ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک استخراج شده است. در جدول ۳- یک مقایسه آماری بین پنج رابطه منتشر شده و رابطه جدید با استفاده از مقادیر به دست آمده از نسبت تعادل انجام گرفته است.

شکل‌های ۱-ا تا ۱-ع یک مقایسه کلی بین مقادیر نسبت تعادل تجربی استخراج شده از داده‌های آزمایشگاهی و مقادیر نسبت تعادل محاسبه شده توسط روابط منتشر شده ارائه می‌دهد. در شکل ۱-ف مقادیر نسبت تعادل تجربی و مقادیر نسبت تعادل به دست آمده از الگوریتم ژنتیک رسم شده است. با محاسبه نسبت تعادل از داده‌های استخراج شده، الگوریتم ژنتیک، نسبت به رابطه ویلسون، رابطه استندینگ، رابطه ویلسون و تورپ، رابطه آل‌مهایدب و رابطه مک و ویلیام، مقادیر پیش‌بینی شده نسبت تعادل را با دقت بالاتر و خطای

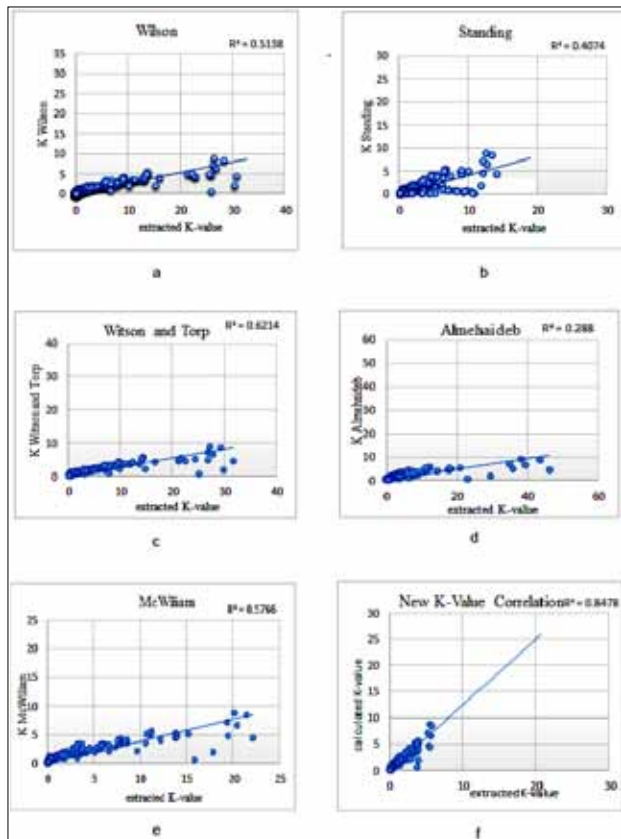
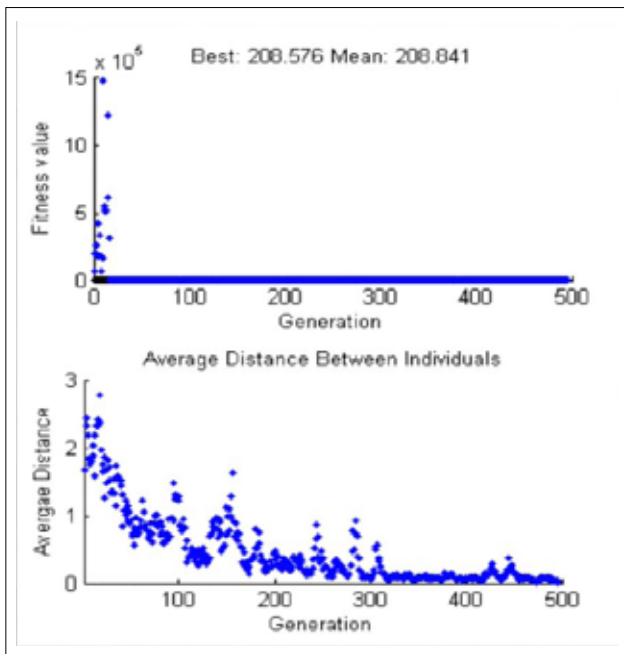
داده‌های ورودی به برنامه برای ساخت مدل جدید عبارت‌اند از:

- فشار مخزن، p (psi)
- دمای مخزن، T (°R)
- فشار بحرانی، P_c (psi)
- دمای بحرانی، T_c (°R)
- ضریب بی‌مرکزی، ω

رابطه جدید پیشنهاد شده توسط الگوریتم ژنتیک به صورت زیر می‌باشد:

$$K_i = a_1 \times \left(\frac{P_c}{P}\right)^{(a_2 \times \omega_i^2 + a_3 \times \omega_i + a_4)} \times \exp(a_5 \times \omega_i + a_6 \times \left(\frac{T_c}{T}\right)) \quad (14)$$

ثابت‌های رابطه جد	RMSE	SD	R	R ²
رابطه ویلسون	۳,۶۷۲۴	۴,۴۹۲۵	۰,۸۶۹۷	۰,۵۱۳۸
رابطه استندینگ	۱,۹۹۰۷	۲,۳۱۰۲	۰,۶۸۴۱	۰,۴۰۷۴
رابطه ویلسون و تورپ	۳,۷۵۵۱	۴,۴۶۵۹	۰,۸۸۱۹	۰,۶۲۱۴
رابطه آل‌مهایدب	۴,۱۱۲۷	۴,۸۷۵۷	۰,۷۹۱۸	۰,۲۸۸۰
رابطه مک و ویلیام	۲,۲۲۵۹	۳,۱۳۵۰	۰,۸۹۱۱	۰,۵۷۷۶
الگوریتم ژنتیک	۰,۵۲۴۷	۰,۹۴۵۸	۰,۹۴۱۵	۰,۸۴۷۸



شکل ۲ | نمودارهای نمایش داده شده با اجرای الگوریتم ژنتیک

شکل ۱ | نمودار مقادیر نسبت تعادل روابط تجربی و رابطه جدید

سیال مخزن، از موازنه جرمی گاز خارج شده از سیستم و ترکیب اولیه نفت استفاده شد. شرح این موازنه جرم در بخش چهار ارائه گردید.

طی تحقیق مقادیر نسبت تعادل مربوط به تست آزادسازی تفاضلی برای ۱۵ نمونه از نفت‌های مخازن ایران ارائه شده است. نتایج نشان داد که نسبت تعادل هیدروکربن‌های سبک بیشتر از هیدروکربن‌های سنگین است و همچنین، تغییرات نسبت تعادل نسبت به فشار تابعی از نوع مولکول است.

طی این مطالعه مقادیر تجربی نسبت تعادل با مقادیر تخمینی حاصل از روابط تجربی مقایسه شد. از سوی دیگر، یک رابطه جدید برای نسبت تعادل با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسعه داده شد که به کمک برنامه‌نویسی متلب کدنویسی شد. مقایسه آماری نشان داد که رابطه جدید پیشنهادی نسبت به روابط ویلسون، استندینگ، ویتسون و تورپ، آلمه‌ایدب و مک‌ویلیام از دقت بالاتری برخوردار است.

همچنین مجذور خطای مربعات برای رابطه جدید $0/5247$ در مقایسه با $3/6734$ برای رابطه ویلسون، $1/9907$ برای رابطه استندینگ، $3/7551$ برای رابطه ویتسون و تورپ، $4/1127$ برای رابطه آلمه‌ایدب و $2/2259$ برای رابطه مک‌ویلیام بود.

کتر ارائه می‌دهد.

شکل ۲- نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. در این شکل نمودار بالا بهترین مقدار برای تابع شایستگی و نمودار پایین، فاصله میانگین بین افراد در هر نسل را نشان می‌دهد که روش خوبی برای اندازه‌گیری گوناگونی^۵ جمعیت است. در این مورد، فاصله میانگین بین افراد بسیار اندک و گوناگونی افراد بسیار مناسب است؛ در نتیجه، الگوریتم ژنتیک پیشرفت قابل قبولی داشته است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه آزمایش‌های خواص سیال مخزن با هدف اندازه‌گیری نسبت تعادل نفت و گاز انجام گردید. برای این مطالعه از ۱۵ نمونه نفت نمونه‌گیری شده از مخازن کشور استفاده شد و در طول ۶ ماه اندازه‌گیری آزمایشگاهی، آزمایش‌های انبساط تفاضلی در دمای مخزن به انجام رسید. بر روی تک‌تک گازهای خارج شده طی مراحل تفکیک تفاضلی، آزمایش کاروماتوگرافی گازی صورت پذیرفت. ترکیب نفت خام نیز با استفاده از آزمایش تقطیر میکرو اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری نسبت تعادل نفت و گاز برای اجزای مختلف

پانویس‌ها

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Equilibrium Ratios | 4. Fitness function |
| 2. Material Balance | 5. Diversity |
| 3. Differential liberation | |

منابع

- [1] Souders M, Selheimer CW, Brown GG, Equilibria between liquid and vapor solutions of paraffin hydrocarbons. *Ind Eng Chem*, 1932. 24: p. 517-9.
- [2] Wilson G. A modified Redlich-Kwong EOS application to physical data calculations. In: 56th AIChE int meet, 1969: p. May 4-7.
- [3] Standing MB. A set of equations for computing equilibrium ratios of a crude oil/natural gas system at pressures below 1000 psia. *JPT*, 1979: p. 11931195-.
- [4] Witson CH, Torp SB, Evaluating constant volume depletion data. *J Petrol Tech*, 1983. 35: p. 61020-.
- [5] Fattah KA. K-value program for crude oil components at high pressures based on PVT laboratory data and genetic programming. *J King Saud Univ Eng Sci* 2011. 23: p. 49-66.
- [6] Ahmed T. Hydrocarbon phase behavior. Houston: Gulf Publishing Company, 1989.
- [7] Depriester CL. *Chem Eng Progr Symp*. 1953. 49: p. 1-43.
- [8] McWilliams ML. An equation to relate K-factors to pressure and temperature. *Chem Eng*, 1973. 80: p. 138-40.
- [9] Almehaideb RA, Ashour I, El Fattah KA, Improved K-value correlation for UAE crude oil components at high pressures using PVT laboratory data. *Fuel*, 2003. 82: p. 1057-65.
- [10] Hamed R, Valeh-e-Sheyda P. Estimation of vapor-liquid equilibrium ratios of crude oil components. *J.Fuel*, 2015. 140 p. 388-397.
- [11] Bavi O, Salehi M. Genetic algorithms and optimization of composite structure. 2011, *Abed*. 49-51.